

Aus der Abteilung für Mikromorphologie
(Leiter: Professor Dr. med. dent. Hans LENZ) des Instituts
für Klinisch-theoretische Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
des Fachbereiches für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der FREIEN UNIVERSITÄT BERLIN

E L E K T R O N E N M I K R O S K O P I S C H E
U N T E R S U C H U N G E N
Ü B E R D E N
E P I T H E L A N S A T Z

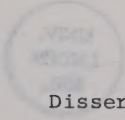
Dissertation
zur
Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Rolf G e y e r
aus Großenhain

1977

Aus der Abteilung für Mikromorphologie
(Leiter: Professor Dr. med. dent. Hans LENZ) des Instituts
für Klinisch-theoretische Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
des Fachbereiches für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der FREIEN UNIVERSITÄT BERLIN

E L E K T R O N E N M I K R O S K O P I S C H E
U N T E R S U C H U N G E N
Ü B E R D E N
E P I T H E L A N S A T Z


Dissertation

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
am Fachbereich Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Zahnarzt Rolf G e y e r
aus Großenhain

Referent: Professor Dr. med. dent. Hans L e n z

Korreferent: Professor Dr. Hans - Joachim Merker



Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches
Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 19.5. 1977

MEINEN ELTERN

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	<u>Seite</u>
1. EINLEITUNG	7
2. LITERATURÜBERSICHT	9
3. MATERIAL UND METHODE	17
3.1 Material	17
3.2 Methode	17
3.2.1 Die Glutaraldehyd-Osmium-Fixierung und Einbettung	17
3.2.2 Das Dünnschnittverfahren	19
3.2.3 Das Ultradünnschnittverfahren ...	20
3.2.4 Die Nachkontrastierung	20
4. ERGEBNISSE	22
4.1 Abbildungen	25
5. DISKUSSION	34
6. ZUSAMMENFASSUNG	42
7. LITERATURVERZEICHNIS	44

1. EINLEITUNG

Unter dem Epithelansatz (EA) wird im allgemeinen in der Literatur die Verbindung des inneren Saumepithels mit der Schmelzoberfläche verstanden. Der EA schließt somit den inneren Teil des Zahnhalteapparates gegen die Außenwelt ab. Die Entwicklung des EA, seine Bedeutung und Einzelheiten, wie die Morphologie und Entstehung des Zahnoberhäutchens, die Entstehung der Zahnfleischtasche usw., werden in der wissenschaftlichen Zahnheilkunde immer wieder diskutiert. Trotzdem ist dieses Problem heute noch umstritten. Ein Teil der Autoren vertritt den Standpunkt, daß das Epithel und der Schmelz am gesunden Zahn organisch verwachsen sind, während der andere Teil der Ansicht ist, daß das Epithel der Zahnoberfläche aufgrund von physikochemischen Kräften anliegt. Die Ursache dieser Unklarheit ist vor allem darin zu suchen, daß bei lichtmikroskopischen Untersuchungsmethoden der Schmelz entkalkt werden mußte und dadurch leicht falsche Schlüsse gezogen werden konnten. Bei diesem Verfahren geht der größte Teil des Schmelzes verloren, und die einzelnen Bestandteile können nicht in ihrer ursprünglichen Lage wiedergegeben werden.

Da der EA als äußerste Schranke bei Beginn einer Parodontopathie passiert oder angegriffen wird, ist eine eingehende Kenntnis der Struktur und Funktion die Voraussetzung, um das Wesen der Parodontopathien zu erfassen und daraus Folgerungen für eine Prophylaxe ziehen zu können.

Im folgendem Beitrag soll der Versuch unternommen werden, mit Hilfe von elektronenmikroskopischen Untersuchungen einige offene Fragen zu klären. Dabei soll im Mittelpunkt dieser Betrachtungen die Verbindung zwischen Epithel und Schmelzoberfläche sowie zwischen Epithel und Zementoberfläche stehen. Die letztere Verbindung ist bei Zähnen der Funktionsperiode die Regel und deshalb von gesteigertem Interesse.

2. L I T E R A T U R Ü B E R S I C H T

Im Jahre 1921 untersuchte GOTTLIB den Berührungsbereich von Zahnfleisch und Zahn und leitete damit eine neue Epoche in der Erforschung der Parodontopathien ein. Er prägte für diese Verbindungsstelle des Epithels am Schmelz den Begriff des Epithelansatzes (EA) und nahm an, daß beide Gewebe miteinander organisch verwachsen sind. Es wird seitdem versucht, die Bedeutung dieser Struktur für den Zahn zu erklären und zu deuten. Früher betrachtete man das Ligamentum circulare als Verschuß des Zahnhalteapparates gegen die Außenwelt und sah in ihm den Angriffspunkt bei pathologischen Vorgängen im Parodontium. Damit traten klinische Fragen in den Mittelpunkt, die mit der Erkrankung des Zahnhalteapparates in Zusammenhang standen, und bei denen der EA von wichtiger Bedeutung zu sein schien. Sie lösten eine Fülle neuer Untersuchungen über Struktur, Genese und Funktion des EA und des Taschenbodens aus.

Man kann die in der Literatur beschriebenen Untersuchungen in zwei Gruppen einteilen:

1. die derjenigen Autoren, die ein organisches Verwachsen von Epithel und Schmelz beschreiben, und
2. die der anderen, die von einem Anliegen des Epithels aufgrund von physiko-chemischen Kräften sprechen und somit einen Spalt zwischen Epithel und Schmelz voraussetzen.

In seiner Arbeit "Der Epithelansatz am Zahne" gibt GOTTLIEB (1921) folgende Darstellung: Vor dem Zahndurchbruch, aber nach vollendeter Schmelzbildung, verschwindet das innere Schmelzepithel und die Schmelzpulpa, nachdem das primäre Schmelzoberhäutchen (PSOH) gebildet wurde. Das äußere Schmelzepithel legt sich an das primäre Schmelzoberhäutchen (PSOH) und ist mit ihm organisch verbunden. Als Vorbereitung für den Durchbruch des Zahnes erfolgt eine allmähliche Umwandlung des unter der Kronenspitze gelegenen äußeren Schmelzepithels, wobei die dem primären Schmelzoberhäutchen (PSOH) anliegende Oberfläche langsam verhornt. Beim Durchbruch des Zahnes bleibt die verhornte Schicht als sekundäres Schmelzoberhäutchen (SSOH) auf dem primären Schmelzoberhäutchen (PSOH) liegen, weil sie organisch mit dem primären Schmelzoberhäutchen (PSOH) verbunden ist, und die Verbindung Schmelz-Schmelzoberhäutchen (PSOH) stärker ist. Während dieses Vorganges vereinigt sich das äußere Schmelzepithel mit dem Mundhöhlenepithel und wird zum Taschenepithel. Dieses Epithel umringt den Zahn wie ein Gürtel, und der Taschenboden liegt zwischen mittlerem und zervikalem Drittel der Schmelzoberfläche. GOTTLIEB stellte nun fest, daß sich bei weiterem Durchbruch des Zahnes der EA der Schmelz-Zement-Grenze nähert, und der Boden der Zahnfleischtasche sich jeweils an der tiefsten Ablösungsstelle befindet, wobei immer ein gegen die Wurzelspitze vorstrebendes Epithelband den Zahn umgibt. In der

Funktionsperiode kommt es schließlich zur Tiefenwucherung des Epithels entlang des Zementes. Diesen Vorgang nannte er den "kontinuierlichen Zahndurchbruch" und als auslösenden Faktor für das Epitheltiefenwachstum sah er die verminderte Vitalität des Zementes an.

WESKI (1921, 1922) nahm zu GOTTLIEBs Darstellung als erster Stellung. Er macht im Prinzip dieselben Beobachtungen wie GOTTLIEB, deutet sie jedoch anders. Bezüglich des EA spricht er auch von einer organischen Verbindung zwischen Schmelz und Epithel, aber hinsichtlich der Taschenentstehung vertritt er eine andere Auffassung. Er meinte, daß das äußere Schmelzepithel nicht verhorne und deshalb auch kein sekundäres Schmelzoberhäutchen gebildet werden könne. Aus diesem Grunde stellt das isolierbare Schmelzoberhäutchen nur das von den Ameloblasten gebildete Schmelzoberhäutchen, die Ameloblastenkutikula, dar. Dadurch, daß es verhornt ist, bildet es eine ideale Kittsubstanz zwischen Schmelz und Epithel und verhindert ein Bloßliegen des durchgebrochenen Zahnes. Das Epithel löst sich von der Ameloblastenkutikula in der Weise, daß innerhalb des vereinigten Schmelzepithels ein Riß entsteht. Hierbei bleibt die Hauptmasse der Zellen mit der Basalschicht des Mundhöhlenepithels im Zusammenhang und nur eine oder mehrere oberflächliche Zellagen bewahren ihre Kontinuität mit der Ameloblastenkutikula.

Die damit entstandene Zahnfleischtasche stellt somit eine intraepithelialen Spalt oder eine retrokutikular gelegene Epithelfissur dar. Das vorher an den Seitenflächen der Krone gelegene Saumepithel wird zum Taschenepithel. Der Taschenboden ist durch den jeweils tiefsten Punkt der Epithelfissur gekennzeichnet. Ein Tiefenwachstum des Epithels ist nach WESKIs Meinung nicht obligatorisch, sondern nur von bestimmten Umständen abhängig.

Auf diese beiden Arbeiten wurde deshalb so ausführlich eingegangen, weil sie in der Folgezeit zentrale Gegenstände von Untersuchungen und Diskussionen wurden. Durch diese Beobachtungen wurden eine Vielzahl von Untersuchungen ausgelöst, die sich alle mit den Problemen der organischen Verbindung bzw. der Verwachsung zwischen Gingiva und Zahn beschäftigten, wobei jedoch verschiedene Punkte, wie z.B. die Art der Verwachsung, anders dargestellt wurden.

Was die Entstehung des EA betrifft, kommt EULER (1923) zu dem Ergebnis, daß Epithelzellen in Schmelzbuchten ragen und hier fest fixiert sind. Außerdem ziehen supraalveoläre Fasern vom Zementansatz zum Mundhöhlenepithel und schaffen so einen straffen Randschluß.

Nach ORBAN und KÖHLER (1924) sind Epithelrisse, wie WESKI sie gesehen hat, Artefakte. Sie bestreiten auch, daß es dem Epithel alleine durch Wachstum möglich sein soll, die lebende Verbindung zwischen Bindegewebe und Zement zu zerstören. Demgegenüber sieht NEUWIRTH (1925) im Tiefenwachstum des Epithels am Zement primär eine Störung im Parodontium, und erst sekundär erfolgt das Absterben des Zementes. HÄUPL und LANG (1927) stellen sich den EA in der Weise vor, daß der unter dem Boden der physiologischen Tasche gelegene Anteil des Epithels mit der Zahnoberfläche verwachsen ist, wobei sich zwischen Epithel und Schmelz das Zahnoberhäutchen einschiebt.

In dieser Periode der Erforschung des EA nehmen viele Autoren zu den von GOTTLIEB beschriebenen Untersuchungen Stellung, einige seien nur genannt: ADRIEN (1926), MEYER, W. (1929), ADLOFF (1924, 1930), GROSS (1930), SCHNITER (1930), ORBAN (1931), LARTSCHNEIDER (1931), MEYER, R. (1936), BAUME (1952, 1953).

ADLER (1949) ist der Erste, der die Auffassung vom Verwachsen des vereinigten Schmelzepithels mit dem geschichteten Pflasterepithel der Mundhöhle ablehnt. Er stellt sich dagegen aufgrund der Verschiedenartigkeit der beteiligten Epithelien zwischen diesen einen feinen Spalt vor. Außerdem verneint er auch die Bildung eines sekundären Schmelzoberhäutchen im Sinne von GOTTLIEB, die aufgrund dieser Auffassung auch entfallen muß.

Anhand von vielen Experimenten behauptet WAERHAUG (1952), daß eine Epithelverwachsung mit dem Schmelz nicht existiert. Er berichtet, daß er ein 0,05 mm dickes Messerchen ohne jede Gewalt bis zur Schmelz-Zement-Grenze vorschieben konnte. WILBERTZ (1961) kann WAERHAUGs Versuche bestätigen. ORBAN (1956) behauptet, daß beim Vorschieben des Messerchens jedesmal ein Riß im Epithel hervorgerufen wird. Er kommt dadurch zu der Annahme, daß die Epithelzellen immer wieder am Schmelzoberhäutchen und damit am Zahn haftenblieben und damit das Anhaften der Epithelzellen der Gingiva an der Zahnoberfläche stärker sei als die Verbindung der Epithelzellen untereinander.

Die ersten elektronenmikroskopischen Beobachtungen über den EA wurden von USSING (1955) durchgeführt. Sie deutete ihre Bilder derart, daß sie eine Verbindung zwischen Schmelz und Epithel durch feine Fibrillen, die in das primäre Schmelzoberhäutchen einstrahlen, zu beobachten glaubte.

STERN (1962) vertritt aufgrund von elektronenmikroskopischen Aufnahmen die Auffassung, daß eine organische Verbindung zwischen Epithel und Schmelz besteht. Diese Verbindung setzt sich aus Hemidesmosomen, einer membranartigen Struktur und feinen Fasern zusammen. Tonofibrillen ziehen zu den Hemidesmosomen, die an einer membranartigen Struktur anhaften, welche durch feine Filamente am Schmelz haften.

Den Ansichten von STERN schließt sich auch ORBAN (1963) an, indem er meint, daß die Zellen des EA durch ein System von Hemidesmosomen am Zahn befestigt zu sein scheinen. Dieses System hat die Ähnlichkeit mit der Art der Befestigung der Basalzellen an der Basalmembran.

WOLF (1964, 1966) meint, daß der EA durch epitheliale Haftzellen, die eine Haftmembran in Form einer Kultikula ausscheiden, entsteht.

Anhand von Untersuchungen an nicht durchgebrochenen Zähnen vermutet LISTGARTEN (1966), daß das reduzierte Schmelzepithel durch Hemidesmosomen und durch eine basale Lamina mit der Schmelzoberfläche zusammenhängen. Elektronenmikroskopisch konnte keine Struktur gefunden werden, die GOTTLIEBs primären Schmelzoberhäutchen entsprach, das damit ein lichtmikroskopisches Phänomen sein muß.

Dagegen versuchen SCHULZ-HAUDT, WAERHAUG, FROM, ATTRAMANDAL (1963) und ATTRAMANDAL (1964) den EA durch elektrostatische und histochemische Vorgänge zu erklären. Sie vermuten, daß eine Glykokalix, d.h. eine Glykoproteinmembran, auf der Zelloberfläche des Epithels und extrazelluläre Proteine für die Adhäsionseigenschaften verantwortlich sind.

Auch LENZ (1970), der das Vorkommen eines primären Schmelzoberhäutchens im klassischen Sinne nicht beobachten konnte, kommt in seinen Untersuchungen zu der Auffassung, daß die Epithelzellen direkt auf dem Schmelz mit Hilfe einer Glykokalix haften.

SCHROEDER (1971, 1976) stellt sich vor, daß die Membran der Epithelzelle mit einer Basallamina überzogen ist, die aufgrund von Adhäsion und Kohäsion den Ansatz des Epithels am Schmelz bewirken.

3. MATERIAL UND METHODE

3.1. Material

Für die elektronenmikroskopischen Untersuchungen wurden Zähne ausgesucht, die einen intakten EA an von ihnen hergestellten Dünnschnitten im Auflichtmikroskop erwarten ließen. Es wurden bleibende Zähne und Milchzähne ausgewählt, die aus prothetischen oder kieferorthopädischen Gründen extrahiert werden mußten.

3.2. Methode

3.2.1. Die Glutaraldehyd-Osmium-Fixierung und Einbettung

Die Zähne wurden sofort nach der Extraktion zur Fixierung in eine 5% ige phosphatgepufferte Glutaraldehydlösung gelegt, deren pH-Wert ca. 7,2 betrug. Anschließend wurden sie nach folgendem Schema mit Osmiumtetraoxyd nachfixiert und in Mikropal eingebettet:

- a) mit physiologischer NaCl-Lösung ausgewaschen (ca. 5 Min.)
- b) für mindestens 18 Stunden in ein Phosphatpuffergemisch von pH 7,2 - 7,4 gegeben
- c) mit veronalazetatgepuffelter, isotonischer OsO_4 -Lösung von pH 7,2-7,4 über 2 Stunden fixiert
- d) und wiederum mit physiologischer NaCl-Lösung abgespült.

Nun folgte der Vorgang des Entwässerns:

- e) in 50% igem Alkohol (5 Minuten)
- in 75% igem Alkohol (5 Minuten)
- in 95% igem Alkohol (5 Minuten)
- in absolutem Alkohol (2 mal 10 Minuten)
- in absolutem Alkohol (30 Minuten)

Da sich der Alkohol nicht mit dem Mikropal mischt, wurden die Zähne

- f) mit Styrol abgespült und noch
- g) 3 mal 30 Minuten lang in Styrol gelegt, um den Vorgang des Einbettens einzuleiten.

Die Einbettung selbst wurde wie folgt fortgesetzt:

- h) Überführen in ein Mikropal-Styrol-Gemisch im Verhältnis von 1:1 für eine Stunde (+ Katalysator und Aktivator)
- i) in Mikropal für 24 Stunden bei Zimmertemperatur geben (+ Katalysator und Aktivator).
- j) Die Zähne wurden nun in Eiswürfelkästchen gelegt, erneut mit Mikropal (+ Katalysator und Aktivator) übergossen und evakuiert.
- k) Die Polymerisation erfolgte bei 60° C im Trockenschrank über 12 - 36 Stunden.

3.2.2. Das Dünnschnittverfahren

Nach 24stündiger Polymerisation bei 60° C wurden mit Hilfe einer Schneidemaschine der Firma Dr. STEEG & REUTER die im Mikropalblock eingebetteten unentkalkten Zähne in Längsschnitte von 0,6 mm dicken Scheiben zerschnitten.

Von diesen Dünnschnitten wurden pro Zahn nur die Schnitte lichtmikroskopisch ausgewählt, die bei der folgenden elektronenmikroskopischen Untersuchung auch einen intakten EA erwarten ließen.

Die unter diesen Gesichtspunkten ausgesuchten Dünnschnitte wurde so zurechtgeschnitten und in Gelatinekapseln gestellt, daß später eine Anspitzung in den jeweils gewünschten Partien erfolgen konnte. Die Gelatinekapseln wurden mit Mikropal (+ Katalysator und Aktivator) aufgefüllt. Um Blasenbildung zu vermeiden, wurde die Luft evakuiert. Anschließend erfolgte die Polymerisation über 24 Stunden bei 60° C.

Nach der Polymerisation wurden die Gelatinekapseln entfernt, und die Präparate in einen Halter eingespannt. Unter Kontrolle mit einem Binokular-Mikroskop erfolgte die Anspitzung mit einer Trimmaschine der Firma C. REICHEL, Typ TM 60, in dem gewünschten Bereich. Dabei muß, um optimale Ultradünnschnitte zu erhalten, die elektronenmikroskopisch zu untersuchende Objektstelle in der Spitze einer von vier Seitenflächen begrenzten Pyramide liegen.

3.2.3 Das Ultradünnschnittverfahren

Von den so angespitzten Präparaten wurden an einem LKB-ULTROTOME Typ 4801 A mit Diamantmessern Ultradünnschnitte von 0,04 - 0,08 mü Stärke hergestellt. Die Schnitte wurden in 20% igem Alkohol aufgefangen, mit Chloroformdämpfen gestreckt und auf Kupfernetze aufgezogen, die mit einem Formvarfilm beschichtet waren. Die Kupfernetze dienen als Objektträger, und ihr Durchmesser beträgt 3 mm.

Die elektronenmikroskopischen Untersuchungen der Ultradünnschnitte erfolgte in einem SIEMENS-ELMISKOP 1 A bei einer Strahlspannung von 80 kV. Es wurde mit 3.000-60.000 facher Vergrößerung gearbeitet. Von den Schnitten wurden zur Dokumentation ihrer Ultrastruktur photographische Aufnahmen hergestellt.

3.2.4. Die Nachkontrastierung

Da der Hauptaugenmerk bei der vorliegenden Arbeit auf der Darstellung der organischen Materie lag, wurden die Ultradünnschnitte aus dem Grenzbereich Schmelz-Zement-Epithelansatz kollagenspezifisch mit Uranylazetat nachkontrastiert. Zu diesem Zweck wurde eine Uranylazetatlösung angesetzt, indem 70% igem Alkohol Uranylazetat bis zur Sättigung zugesetzt wurde. Nach mehrtägiger Aufbewahrung im Kühlschrank hatte sich über einem Bodensatz eine glasklare

Lösung gebildet. Die Netze mit den zu untersuchenden Präparaten wurden 30 Min. lang mit der befilmten Seite nach oben jeweils auf einen Tropfen dieser Lösung gelegt und nach dem Herausnehmen mit 70% igem Alkohol und Aqua dest. abgespült.

Durch die Nachkontrastierung mit löslichen Schwermetallsalzen, wie dem Uranylazetat, werden die Zahnartsubstanzen teilweise entmineralisiert. Daher erfolgte zunächst ohne Kontrastierung eine elektronenmikroskopische Untersuchung der Präparate.

4. E R G E B N I S S E

Vor der Erörterung der einzelnen Untersuchungsergebnisse soll kurz auf eine mißverständliche Auslegung der Beschreibung des EA in der Literatur eingegangen werden. Es wird fast ohne Ausnahme der EA am Zahn beschrieben, und man meint damit den Ansatz des Epithels am Schmelz. Da diese Form fast nur an Milchzähnen zu beobachten ist, wurden in der vorliegenden Arbeit neben Untersuchungen am "echten EA" vor allem Untersuchungen an Zähnen der Funktionsperiode vorgenommen, deren klinischer EA meist am Zement zu finden ist. Es muß also zwischen einem EA am Schmelz und einem EA am Dentin bzw. Zement unterschieden werden.

Abb. 1 zeigt die Situation an der Schmelzoberfläche an einem Milchzahn unmittelbar nach dem Durchbruch. Das vereinte Schmelzepithel liegt dem Schmelz direkt auf, ohne daß ein primäres Schmelzoberhäutchen (PSOH) oder ein sekundäres Schmelzoberhäutchen (SSOH) zu beobachten ist. Es sind auch keine Anzeichen dafür vorhanden, daß das Epithel mit der interprismatischen Substanz im Schmelz verankert ist, sondern die Epithelzellen liegen dem Schmelz mit einer Glykokalix auf.

In sehr vielen Fällen findet man diese Situation nach erfolgtem Durchbruch insofern verändert, daß zwischen Zelle und Schmelzoberfläche eine andere, im elektronenmikrosko-

pischen Bild etwas dichter erscheinende Schicht zu finden ist. Verglichen mit den Stellen, wo sie abgehoben ist (Abb. 2), läßt sich deutlich erkennen, daß es sich hier um eine Struktur handelt, die von LENZ (1970) als Zahnoberhäutchen beschrieben wurde, d.h. daß es sich um eine aus dem Speichel gebildete Schicht handelt.

Diese Form des EA, wie sie bei Milchzähnen aufgezeigt wurde, existiert praktisch bei den längerer Zeit in Funktion befindlichen Zähnen des bleibenden Gebisses nicht mehr. Denn in diesen Fällen stimmt die klinische mit der anatomischen Krone nicht mehr überein, da sich die Grenze der klinischen Krone bis auf den Zement verlagert hat. Die nachfolgenden Bilder sollen zeigen, wie es zu dieser Verlagerung gekommen ist. Ursprünglich ziehen die Fasern des Parodontiums vom Zement zum Knochen. Kommt es nun zum Epitheltiefenwachstum, treffen die Epithelzellen auf die Fasern des Parodontiums, die vom Zement zum Knochen verlaufen, und es kommt zu einer Lysis dieser Fasern. Danach schieben sich die Epithelzellen weiter an der Zementoberfläche vor. Die Fasern verschwinden, und erst jetzt können sich Epithelzellen an die Zementoberfläche anlagern.

Die Auflösung des Zahnhalteapparates und das Anhaften der Epithelzellen am Zement zeigt eine Serie von Schnitten (Abb. 3-10), die beginnend im gesunden Teil in Richtung Krone angefertigt wurden.

Das ursprüngliche Bild veranschaulicht Abb. 3 mit dem intakten Zahnhalteapparat, d.h. den Periodontalfasern und der Zementoberfläche. Mit Abb. 4 und 5 ist die Stelle erreicht, in der die Lysis der Fasern beginnt. Man kann Fasern in Auflösung und sich dazwischenschiebende Epithelzellen erkennen. Teilweise haben die Epithelzellen die Zementoberfläche noch nicht erreicht, teilweise kann man Faserreste und Epithelzellen, die bis zum Zement vorge-
drungen sind, beobachten. In Abb. 6 und 7 wird nun der EA zwischen Epithel und Zement deutlich. Die Epithelzellen liegen mit ihrer Glykokalix der Oberfläche dicht auf. Es lassen sich gelegentlich Hemidesmosomen erkennen. Doch deuten keine Strukturen auf ein Anwachsen des Epithels mit dem Zement hin. Auch eine Epithelkutikula ist nirgends zu erkennen. Ein gänzlich anderes Bild ergibt sich, wenn man weiter in Richtung Taschenboden fortschreitet (Abb.8). Hier hat sich die Epithelzelle von der Zementoberfläche gelöst, sodaß sich eine homogen erscheinende Schicht ohne sichtbare Struktur in den Zwischenraum geschoben hat. Die Zelle haftet noch auf dem Zahn. Mit Abb. 9 befindet man sich in der Zahnfleischtasche. Hier zeigt sich die Zementoberfläche ohne Zellauflagerungen, und man kann nur undeutliche organische Bestandteile sehen, die die Tasche ausfüllen. Schließlich zeigt Abb. 10 die von einer Plaque-
schicht bedeckte Zementoberfläche in der Mundhöhle.

4.1. Abbildungen

Die angegebenen Vergrößerungen beziehen sich auf die Originalfotos. Aus dem jeweils eingezeichneten Längenmaßstab ergibt sich die Vergrößerung der dargestellten Objekte.

Abb. 1 Epithelansatz am Schmelz (Milchmolar), unmittelbar nach dem Durchbruch liegt das vereinigte Schmelzepithel dem Schmelz mit einer Glykokalix auf.

4000 : 1

Abb. 2 Epithelansatz am Schmelz (Milchmolar), Epithelzelle ist teilweise zerstört, zwischen Zelle und Schmelz hat sich ein aus dem Speichel stammendes Zahnoberhäutchen angelagert.

6000 : 1

Abb. 3 Zahnhalteapparat mit Periodontalfasern und Zementoberfläche. Auf dem entmineralisierten Schnitt sind die kollagenen Fibrillen, die in den Zement hineinziehen, besonders deutlich zu erkennen.

40 000 : 1

Abb. 4 Zementoberfläche mit Epithelzellen und Faserresten des in Auflösung begriffenen Parodontiums.

6000 : 1

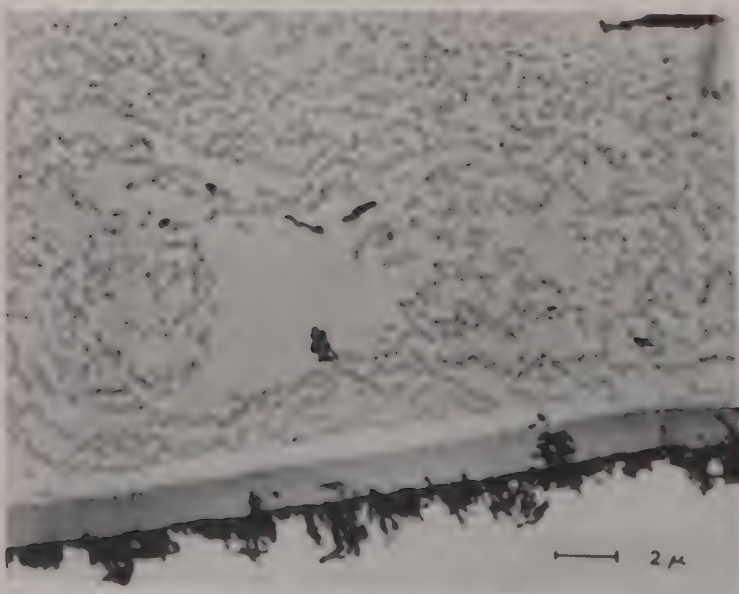
- Abb. 5 Eine ähnliche Situation wie in Abb. 4 bei
 stärkerer Vergrößerung.
 15 000 : 1
- Abb. 6 Zementoberfläche mit anliegenden Epithel-
 zellen, die mit ihrer Glykokalix dem Zement
 aufliegen. Auch Hemidesmosomen sind zu er-
 kennen.
 48 000 : 1
- Abb. 7 Zementoberfläche, der Epithelzellen mit
 ihrer Glykokalix aufliegen.
 28 000 : 1
- Abb. 8 Homogene Schicht zwischen Epithelzelle und
 Zementoberfläche.
 18 000 : 1
- Abb. 9 Zementoberfläche in Zahnfleischtasche, ur-
 sprünglich vorhandene kollagene Fibrillen
 sind aufgelöst.
 60 000 : 1
- Abb. 10 Freiliegende Zementoberfläche mit Plaque-
 schicht
 6 000 : 1

Abb. 11 Zementoberfläche mit Epithelansatz, durch mechanische Einwirkung ist die Epithelzelle zerrissen; die mit der Glykokalix anliegenden Teile sind an der Zementoberfläche verblieben.

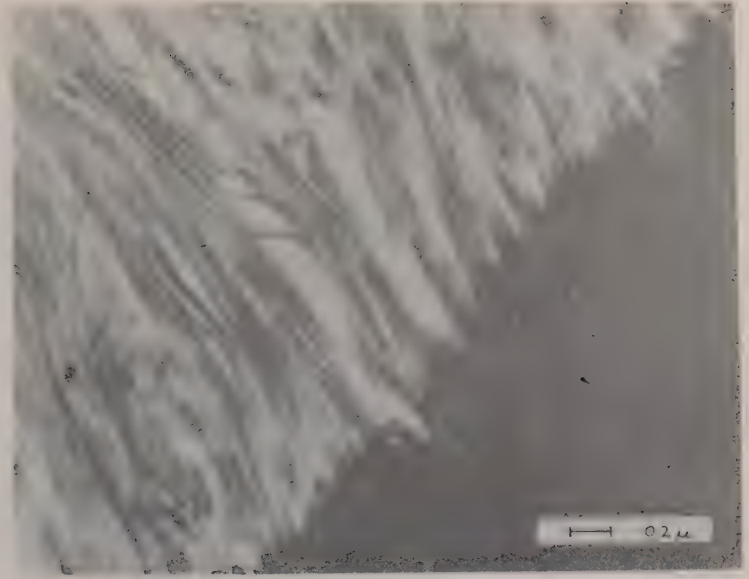
8 000 : 1



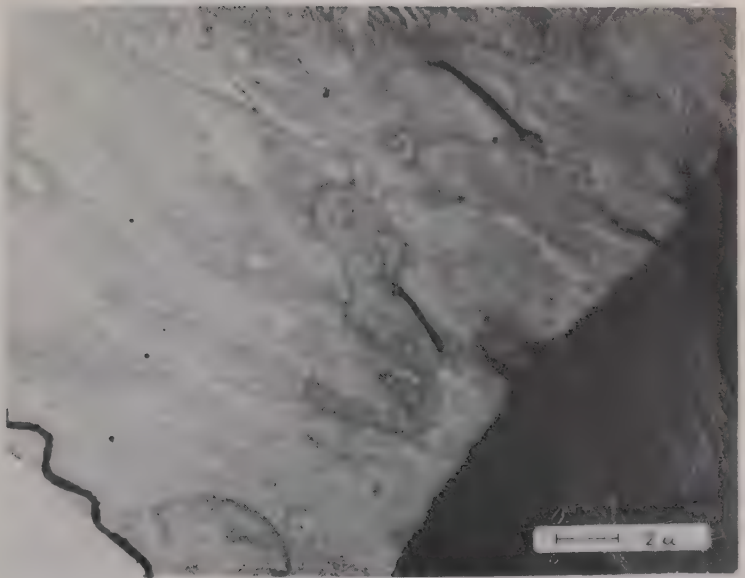
1



2



3



4



5



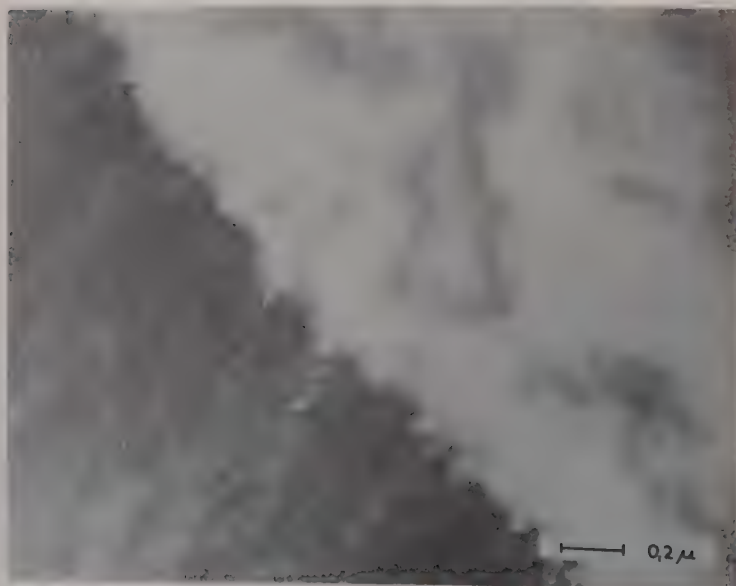
6



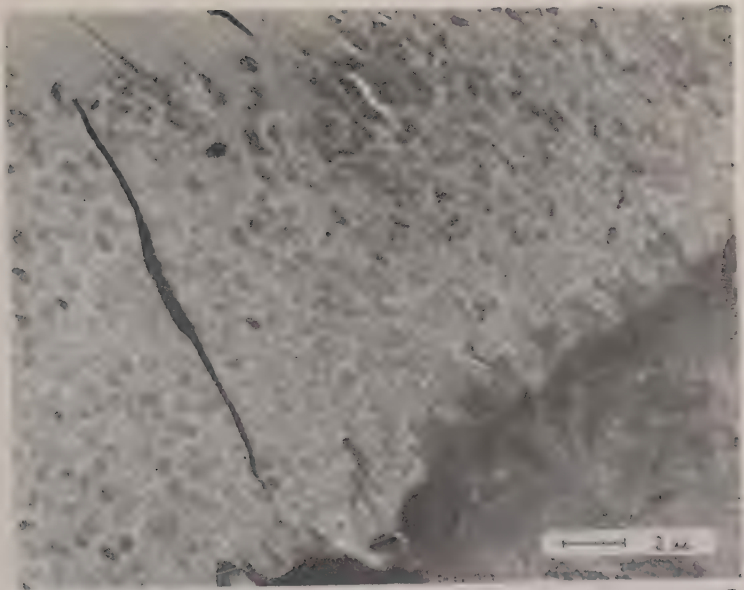
7



8



9



10



11

5. D I S K U S S I O N

Die Durchsicht der Literatur zeigt, daß die wesentlichen Aussagen und Deutungen zum Problem "Epithelansatz" vorwiegend auf lichtmikroskopischen Untersuchungen beruhen. Die vorliegende Arbeit soll jedoch zeigen, daß inzwischen die lichtmikroskopischen Erkenntnisse durch elektronenmikroskopische Befunde wesentlich erweitert worden sind und damit der ultrastrukturelle Bereich in den Mittelpunkt der Aufmerksamkeit gerückt ist. Somit ergeben sich neue Deutungsmöglichkeiten dieser Strukturen. Deshalb wird es erforderlich, von einigen lichtmikroskopisch geprägten Erkenntnissen abzurücken, und die neueren Ergebnisse von elektronenmikroskopischen Untersuchungen bei der Aussage über die Struktur und die Funktion des EA zu berücksichtigen. Dabei muß man sich allerdings immer vergegenwärtigen, daß frühere Untersuchungen aus dem Wissensstand der Zeit, aus der unterschiedlichen Einschätzung der einzelnen Befunde durch die betreffenden Untersucher und aus den ihnen verfügbaren technischen Hilfsmitteln entstanden sind.

Beim Literaturstudium kristallisieren sich zwei Hauptgesichtspunkte heraus, die hier näher diskutiert werden sollen. Es ist einmal die Frage nach der Haftung des Epithels am Zahn und die Frage nach der Lokalisation des EA am Zahn.

Bei der Frage der Haftung ließ man sich bis in die jüngste Vergangenheit zu sehr von der mechanistischen Anschauung leiten. Man konnte sich die Befestigung einer Zelle an einer Mineraloberfläche nur mit Hilfe einer speziellen Kittsubstanz, die die Haftung übernehmen sollte oder durch irgendwie geartete Fasern, erklären. Diese Vorstellung wurde dann mit Kenntnissen über die Genese des Schmelzes und mit dem Zahndurchbruch untermauert. Die vorstehende Auffassung vertreten besonders GOTTLIEB (1921) und WESKI (1921) und viele Autoren dieser Zeit. Sie haben die klassische lichtmikroskopische Vorstellung geprägt, wonach die Haftung zwischen Schmelz und Mundhöhlenepithel darin besteht, daß nach Abschluß der Schmelzbildung ein primäres Schmelzoberhäutchen (PSOH) entsteht, das fest mit der Schmelzoberfläche verwachsen ist, wobei es mit seinen Ausläufern fingerförmig in die interprismatische Substanz hineinreicht. Das primäre Schmelzoberhäutchen (PSOH) verwächst mit dem vereinigten Schmelzepithel, verhornt und stellt die Verbindung zwischen Gingiva und Zahn her. Somit besteht eine echte Verwachsung mit der Schmelzoberfläche.

Elektronenmikroskopische Befunde haben aber gezeigt, daß die Vorstellungen weder über das primäre Schmelzoberhäutchen (PSOH) noch über das sekundäre Schmelzoberhäutchen (SSOH) den Tatsachen entsprechen; auch konnte man keine derartigen in den Schmelz reichenden Strukturen feststellen, LENZ (1970).

Nachdem man mit Hilfe des Elektronenmikroskops die Ultrastrukturen darstellen konnte, glaubte man, in den Hemidesmosomen die speziellen Haftpunkte zu sehen, die eine Befestigung der Zelle an der Zahnoberfläche bewirken sollten; USSING (1955), STERN (1962), STERLING (1962), ORBAN (1963). Unter Desmosomen versteht man die speziellen Verbindungsstellen von Epithelzellen miteinander. Es sind Haftplatten oder eng umschriebene Kontaktzonen zwischen den Zellmembranen benachbarter Zellen; sie bestehen aus zwei Halbdemosomen, von denen jedes zu einer benachbarten Zelle gehört. Der Begriff des Desmosoms stammt aus der Zeit des Lichtmikroskops, als das Auflösungsvermögen begrenzt war, und man nur die Tonofibrillen sehen konnte, die zu den Haftplatten reichten. Man nahm deshalb an, daß an diesen Stellen die Zellen fest mit Fasern verbunden sind, und die Desmosomen die Haftapparate der Zellen darstellen, da die Tonofibrillen von einer zur anderen Zellen zogen. Auch die ersten elektronenmikroskopischen Untersuchungen waren zum Teil noch an dem lichtmikroskopischen Wissen orientiert. Man unterschied zwar jetzt das Desmosom in zwei Hemidesmosomen und sah, daß die Tonofibrillen nur bis zur Haftplatte reichten, jedoch blieben sie die einzigen Haftstellen der Zelle zur Zahnoberfläche. Neuere Untersuchungen sind zu dem Schluß gekommen, daß die Desmosomen nur Verstärkungsstrukturen der Zellmembran sind und neben anderen Strukturen zur Haftung beitragen.

Auch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit über den EA lassen Fasern im GOTTLIEBSchen Sinne, die von der aufliegenden Zelle in den Schmelz ziehen, nicht erkennen. Auch ist es nicht verständlich, warum nur Desmosomen in Zusammenhang mit der Haftung stehen sollen. So konnten bei den dem Zahn aufliegenden Zellen lange Strecken ohne Desmosomen beobachtet werden. Die Desmosomen sind zwar typische Haftelemente der Epithelzellen, aber darüber hinaus ist der Zellzusammenhalt im Körper ja auch gewährleistet. Als richtungsweisend für andere Formen der Haftung kann die Arbeit von SCHULZ-HAUDT, WAERHAUG, FROM und ATTRAMANDAL (1963) gewertet werden. Diese Autoren halten elektrostatische und histochemische Vorgänge für die Haftung der Zelle auf der Zahnoberfläche verantwortlich.

Auch in der vorliegenden Untersuchung lassen sich in dieser Richtung interessante Beobachtungen machen. In Abb.7 ist zwischen Zement und Zelle eine 0,2 μ dicke Schicht zu erkennen. Sie läßt sich als die in der Literatur beschriebene Glykokalix deuten. Daß hier chemische sowie elektrostatische Kräfte, d.h. Aneinanderhaften von Molekülen verschiedener Stoffe an Grenzflächen infolge zwischenmolekularer Anziehungskräfte, auftreten können, ist durchaus denkbar. Bei einem intakten EA am Schmelz liegt das vereinigte Schmelzepithel auf der Oberfläche vollständig auf. Es

haftet fest mit Hilfe der Glykokalix, wie Abb. 1 zeigt. Dieser EA ist mit dem Durchbruch des Zahnes entstanden. Anders stellt sich die Situation am Zahnhals dar, d.h. an der Übergangsstelle von Schmelz zu Zement. An dieser Stelle war nie Epithel vorhanden, vielmehr haben hier die Zementoblasten den Zement und den Zahnhalteapparat mit seinen Fasern gebildet. Tritt aufgrund einer Entzündung das Tiefenwachstum des Epithels entlang der Wurzeloberfläche ein, werden durch die lytischen Eigenschaften der Epithelzellen die kollagenen Fasern des Parodontiums aufgelöst. Die Zellen des Mundhöhlenepithels lagern sich hier wieder mit einer Glykokalix fest auf den Zement auf (Abb. 6). Dieser Vorgang steht im Widerspruch zu GOTTLIEB, der von einer primären Verbindung zwischen Schmelz und Epithelzelle spricht, dem Epithelansatz (EA). Im Gegensatz dazu kommt es hier nachträglich zu einem EA, wo ursprünglich kollagene Fasern vorhanden waren. Auch hier widersteht diese mit Hilfe der Glykokalix zustandengekommene Verbindung der funktionellen Beanspruchung. Durch entzündliche Erscheinungen kann es wiederum auch hier zur Auflösung bzw. Veränderung der Glykokalix kommen, und damit die Haftfähigkeit beeinträchtigt werden. In den freiliegenden Zahnhalteapparat können nun leicht toxische Substanzen eindringen und zu dessen Zerstörung führen. Jetzt kann es zur Abhebung des EA kommen (Abb.8), und sich eine Schicht im Sinne eines Zahnoberhäutchens dazwischenschieben, wie es LENZ (1970) beschreibt.

Danach handelt es sich bei dem Zahnoberhäutchen nicht um eine vom Epithel stammende keratinhaltige Membran, sondern um eine aus dem Speichel entstandene viskös-kolloidale Schicht. Im vorliegenden Fall handelt es sich wahrscheinlich um Speichelmaterial, das entweder aufgelagert oder hineingeschoben wurde. Doch scheint diese Schicht ebenso wie die Glykokalix noch eine gewisse Haftung zu gewähren.

Die Frage nach der Festigkeit der Haftung des EA ist von wesentlicher Bedeutung. In Abb. 11 kann man erkennen, wie fest diese Adhäsion bei mechanischer Einwirkung hält: die Zelle zerreißt eher, als daß sie sich von der Zahnoberfläche ablöst. Dadurch stellt diese Haftung auch einen sicheren Abschluß gegen den Zahnhalteapparat dar. Nur durch einen entzündlichen Untergang von Epithelzellen und Glykokalix kommt es zur Ablösung und Veränderung des EA. Wächst das Epithel in die Tiefe, dann lagert es sich nach einer Zone der Lysis der kollagenen Fasern des Parodontiums an die Wurzeloberfläche an. Es entsteht ein neuer EA. Erst nach dieser Epithelschicht folgt der Zahnhalteapparat mit seinen Fasern. Diese Zone der Adhäsion mit der Glykokalix, der die eigentliche Haftung zukommt, wird von verschiedenen endogenen und exogenen Faktoren beeinflusst, deren Bedeutung noch einer eingehenden Untersuchung bedarf.

Wenn man davon ausgeht, wie leicht der Eingang zum Zahnhalteapparat eröffnet werden kann, läßt sich die Wichtigkeit dieser Haftung vorstellen. Man muß aber berücksichtigen, daß bei einer entzündlichen Veränderung die Zellen und nicht die Fasern betroffen werden. Die Letzteren sind nur Ausscheidungsprodukte der Zellen, die für die Aufrechterhaltung des physikalischen Zustandes dieser Fasern sorgen. Durch den Eintritt von Toxinen werden die Zellen geschädigt und erst sekundär die kollagenen Fasern zerstört. Die Folge davon ist, daß sich die Festigkeit des Zahnes in der Alveole verändert.

In diesem Zusammenhang sei noch eine kurze Bemerkung zur Frage der Vitalität des Zementes eingefügt. Da auch der Zement ein Ausscheidungsprodukt ist, kann man nicht von einer Vitalität oder Nichtvitalität sprechen. Wenn in der Literatur von abgestorbenem oder infiziertem Zement gesprochen wird, so sind damit die Fälle gemeint, in denen der Zement von einer Plaqueschicht bewachsen ist oder in denen Mikroorganismen wie bei der Zementkaries eingedrungen sind. Aufgrund der Stoffwechselprodukte dieser Mikroorganismen hat es den Anschein, als ob der Zement eine toxische Wirkung besitzt.

Bei der Frage nach der Lokalisation des EA wird in der Literatur ausschließlich davon ausgegangen, daß sich der EA am Schmelz bzw. an der Übergangsstelle vom Schmelz zum Zement befindet. Die Untersuchungen zeigen jedoch, daß

man nur während des Zahndurchbruchs von einem EA am Schmelz sprechen kann. Untersucht man die Zähne der Funktionsperiode, findet man in der überwiegenden Zahl der Fälle den EA am Zement, was eigentlich verständlich ist, wenn man berücksichtigt, welchen Einflüssen der EA in der Funktion ausgesetzt ist und was die oben beschriebenen Folgen davon sind. Unter diesem Aspekt muß man auch den Streit, der um den EA geführt wird, sehen. Der Begriff EA ist nur als die Verbindung zwischen Zahn und Epithel zu verstehen und nicht an den Schmelz gebunden. Man kann davon ausgehen, daß der EA überwiegend am Zement zu finden ist, abgesehen davon, daß der EA bei Milchzähnen und Jugendlichen am Schmelz lokalisiert ist.

In jedem Fall ist der EA für die Parodontologie von Wichtigkeit, da er ein möglicher Eingang für Infektionen des Zahnhalteapparates sein kann. Dieser Zahnhalteapparat aber ist für die Festigkeit des Zahnes in der Alveole von ausschlaggebender Bedeutung.

6. Z U S A M M E N F A S S U N G

Extrahierte Zähne beider Dentitionen mit anhaftendem EA wurden elektronenmikroskopisch untersucht. Ziel der Untersuchung war die Beziehung zwischen Zahnoberfläche und Epithel darzustellen.

1. Beim EA muß zwischen einem EA am Schmelz und einem EA am Zement unterschieden werden.
2. Unter dem klassischen Begriff EA wird allgemein der EA am Schmelz, der nur bei Milchzähnen und bei gerade durchgebrochenen bleibenden Zähnen vorhanden ist, verstanden. Die GOTTLIEBSche Auffassung geht davon aus, daß das Epithel mit dem Schmelz unmittelbar verwachsen ist. Dies konnte nicht bestätigt werden. Das Epithel liegt lediglich der Schmelzoberfläche dicht an, d.h. ohne Vermittlung eines primären Schmelzoberhäutchens (PSOH) oder sekundären Schmelzoberhäutchens (SSOH). Die relativ feste Haltung des Epithels am Schmelz wird durch die Glykokalix der Epithelzellen bewirkt. Es handelt sich hierbei um eine Haftung, die sich durch physiko-chemische Kräfte erklären läßt. Diese Adhäsionskräfte sind so stark, daß normalerweise bei mechanischer Beanspruchung eher die Zelle zerreißt, als daß sie vollständig von der Zahnoberfläche abgehoben wird.

3. Hemidesmosomen als typische Haftelement der Epithelzellen mögen an der Haftung beteiligt sein, aber die adhäsiven Kräfte der der Zahnoberfläche aufliegenden Glykokalix der Zellmembran sind noch höher zu bewerten.
4. Die Bildung des EA am Zement geht eine Lysis der Periodontalfasern voraus ehe sich die Epithelzellen in die Tiefe schieben. Die Anlagerung erfolgt nach dem gleichen Prinzip wie beim EA am Schmelz.

Die mit dem EA zusammenhängenden Fragen wurden diskutiert.

7. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. ADLER, P. Über einzelne Probleme im Zusammenhang
mit dem kontinuierlichen Zahndurchbruch.
DZZ 18, 1174, 1949
2. ADLOFF, P. Über neuere Begriffe in der Zahnhistolo-
gie und -biologie
Vjschr. Zahnheilk. 4, 420, 1924
3. ADLOFF, P. Beitrag zur Frage des Epithelansatzes.
Dtsch. Mschr. Zahnheilk. 14, 996, 1930
4. ADRION, T. Vergleichende histologische Untersuchun-
gen über das Verhalten des Epithels am
Zahnhal. Dtsch. Mschr. Zahnheilk. 8, 305-325, 1926
5. ATTRAMANDAL, H. Nature of epithelium attachment
Ref. Dent. Abstracts 9, 442, 1964
6. BAUME, L.J. Über die Entstehung und die Struktur
des Epithelansatzes am Zahn.
DZZ 7, 1277-1287, 1952

7. BAUME, L. J. The structur of the epithelial attach-
ment as revealed by phase contrast
microscopy.
J. Periodontal. 24, 99, 1953
8. EULER, H. Der "Epithelansatz" in neuerer Beleuch-
tung.
Eine vergleichend-anatomische und kri-
tische Betrachtung.
Vjschr. Zahnheilk. 39, 103, 1923
9. GOTTLIEB, B. Der Epithelansatz am Zahne.
Dtsch. Mschr. Zahnheilk. 39, 142-147,
1921
10. GROSS, H. Zur Genese der vertieften Zahnfleisch-
tasche.
Paradentium 2, 70-86, 1930
11. HÄUPL, K. Die marginale Paradentitis.
und LANG, F.J. Meusser, Berlin, 16-43, 1927
12. LARTSCHNEIDER, J. Epithelansatz und Zahndurchbruch.
Vjschr. Zahnheilk. 47, 366-369, 1931

13. LENZ, H. Elektronenmikroskopische Untersuchun-
gen am Zahnoberhäutchen
Habil. Berlin 1970
14. LISTGARTEN, M.A. Phase-contrast and electron microscopic
study of the junction between reduced
enamel epithelium and enamel in
unerupted human teeth.
Arch. oral. Biol. 11, 999-1016, 1966 b
15. MEYER, R. Histologische Untersuchungen über den
Epithelansatz.
Z. Stomat. 34, 714-729, 1936
16. MEYER, W. Neue Befunde am Epithelansatz.
Paradentium 1, 22, 1929
17. NEUWIRTH, F. Die Schmelzmembran und der Epithelansatz
am Zahn.
Z. Stomat. 23, 318-363, 1925
18. ORBAN, B. Die physiologische Zahnfleischtasche,
und Epithelansatz und Epitheltiefenwucherung.
KÖHLER, J. Z. Stomat. 22, 353-425, 1924
19. ORBAN, B. Zahnfleischtasche und Epithelansatz.
Z. Stomat. 29, 858-879, 1005-1039,
1359-1376, 1931

20. ORBAN, B. Der Epithelansatz am Zahn.
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilk.
24, 23-31, 1956
21. SCHNITER, M. Beitrag zur Frage des Epithelansatzes.
Dtsch. Mschr. Zahnheilk. 9, 705, 1930
22. SCHROEDER, H.E. Elektronenmikroskopie im Dienste der
Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde.
ZWR 80, 784, 1971
23. SCHROEDER, H.E. Orale Strukturbiologie
Thieme, Stuttgart, 236-245, 1976
24. SCHULZ-HAUDT, D. On the nature of contact between the
WAERHAUG, J. gingival epithelium an the tooth
FROM, S. H. enamel surface.
ATTRAMANDAL, H. J. Amer. Soc. of Peridontists
1, 103-108, 1963
25. STERN, J.B. The fine structur of the ameloblast-
enamel junction in rat incisors;
epithelial attachment and cuticular
membran.
Fifth international congress for
electron microscopy, vol. 2,
p. QQ-6 New York 1962
Academie Press

26. USSING, M.J. The development of the epithelial attachment.
Acta odont. scand. 13, 123-154, 1955
27. WAERHAUG, J. The gingival pocket. Anatomy, pathology, deepening and elimination.
Odont. T. 60 supp. 1, 1952
28. WESKI, O. Röntgenologisch-anatomische Studien aus dem Gebiet der Kieferpathologie. II. Die chronischen marginalen Entzündungen des Alveolarfortsatzes mit besonderer Berücksichtigung der Alveolarpyorrhoe.
Vjschr. f. Zahnheilk. 37, 1-56, 1921
und 38, 1-29, 1922
29. WILBERTZ, G. Der Epithelansatz beim durchbrechenden Zahn
Inaug. Diss. Bonn 1961
30. WOLF, J. Der gingivodentale Verschlußapparat im Bereich des Schmelzes.
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilk. 43, 3-22, 106-128, 201-240, 1964
31. WOLF, J. Der gingivodentale Verschlußapparat im Bereich des Zementes.
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilk. 47, 105-132, 176-240, 1966

Herrn Professor Dr. med. dent. Hans LENZ danke ich für die Überlassung des Dissertationsthemas sowie für seine freundliche und geduldige Unterstützung im Verlauf der Arbeit.

Ebenso gilt mein Dank auch Frau Helga ADAM und Frau Sigrun SCHULZ-GERHARDT für die Hilfe bei den elektronenmikroskopischen Untersuchungen und für die Durchführung der photographischen Arbeiten.

LEBENS LAUF

Name	Geyer
Vorname	Rolf
Geburtsdatum	
und -ort	2.12.1944 in Großenhain/Sa.
Eltern	Dr. Eugen Geyer und Erika, geb. Meyer

Schulbildung

1951 - 1957	Besuch der Grundschule in Berlin
1957 - 1965	Besuch der Oberschule wissen- schaftlichen Zweiges in Berlin
1965	Reifeprüfung

Beruflicher Werdegang

1965 - 1966	Studium der Fachrichtung Botanik
1966 - 1972	Studium der Fachrichtung Zahn- medizin
1972	Zahnärztliche Prüfung und Be- stallung als Zahnarzt
1972 - 1974	Assistenz Zahnarzt
seit 1974	niedergelassener Zahnarzt in Berlin-Tempelhof

